

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-201461

(43)Date of publication of application : 18.07.2000

(51)Int.Cl.	H02K 21/14
	H02K 7/12
	H02K 29/00

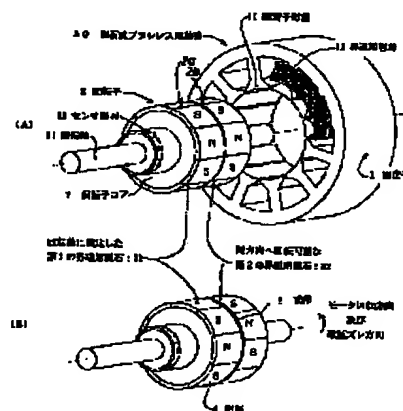
(21)Application number : 11-000902	(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD HITACHI METALS LTD
(22)Date of filing : 06.01.1999	(72)Inventor : MASUZAWA MASAHIRO MITA MASAHIRO SUGAYA HIROO TOIDA NAOYA SUGAWARA HIDEKI

## (54) MAGNETO BRUSH-LESS ELECTRIC MOTOR

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magneto brush-less electric motor obtaining high torque even in a region of rotation at a low speed and the electric motor efficiently usable even in a region of rotation at a high speed.

**SOLUTION:** A magneto brush-less electric motor 50 has a control circuit for detecting a magnetic pole position of a permanent magnet rotor 2 to control a current supply amount to a stator winding in accordance with this position detection signal also a plurality of the permanent magnet rotors. At least, one of a plurality of these permanent magnet rotors is displaced in a rotational direction relating to a magnetic pole of the other permanent magnet rotor in accordance with changing of a rotational speed. An opposed area of a magnetic pole of the permanent magnet rotor and a stator 1 is adjusted to change the number of interchange magnetic fluxes, so as to obtain large torque in a region of rotation at a low speed and rotation at a high speed. Here, the rotational speed is detected, and advance timing of current supply by the control circuit is corrected in accordance with deviation of a synthetic magnetic pole position of the rotor corresponding to this detection.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-201461  
(P2000-201461A)

(43) 公開日 平成12年 7月18日 (2000. 7. 18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 2 K 21/14		H 0 2 K 21/14	M 5 H 0 1 9
7/12		7/12	A 5 H 6 0 7
29/00		29/00	Z 5 H 6 2 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平11-902	(71) 出願人	000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号
(22) 出願日	平成11年1月6日 (1999. 1. 6)	(71) 出願人	000005083 日立金属株式会社 東京都港区芝浦一丁目2番1号
		(72) 発明者	増澤 正宏 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式 会社磁性材料研究所内
		(72) 発明者	三田 正裕 埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式 会社磁性材料研究所内

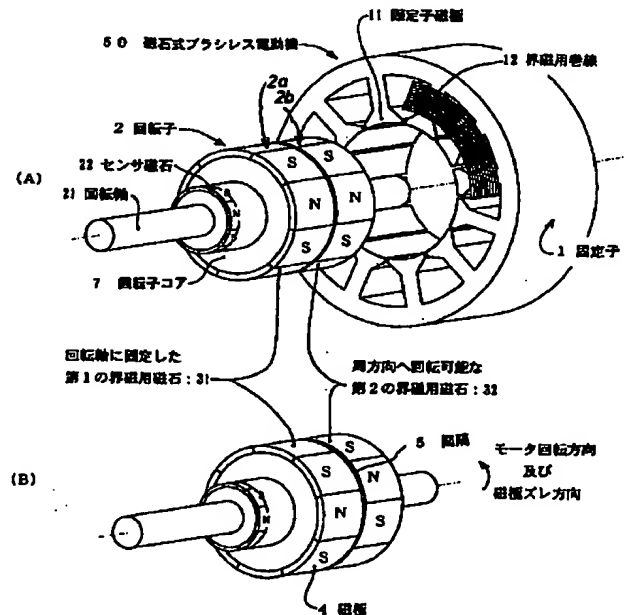
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁石式ブラシレス電動機

(57) 【要約】

【課題】 低速回転域でも高いトルクが得られ、かつ高速回転域でも効率よく使用できる磁石式ブラシレス電動機を提供する。

【解決手段】 磁石回転子の磁極位置を検出し、この位置検出信号に応じて固定子巻線への電流供給量を制御する制御回路を有するとともに、前記磁石回転子が複数からなりかつ回転速度の変化に応じてその複数の磁石回転子のうちの少なくとも1つをその他の磁石回転子の磁極に対して回転方向にずらして前記の磁石回転子の磁極と固定子の磁極との対向面積を増減し鎖交磁束量を変化させることにより低速回転域で大きなトルクを得、かつ高速回転を可能にした磁石式ブラシレス電動機であって、回転速度を検出し、これに対応する前記回転子の合成磁極位置のずれに応じて前記制御回路による電流供給の進角を補正することを特徴とする磁石式ブラシレス電動機。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁石回転子の磁極位置を検出し、この位置検出信号に応じて固定子巻線への電流供給量を制御する制御回路を有するとともに、前記磁石回転子が複数からなりかつ回転速度の変化に応じてその複数の磁石回転子のうちの少なくとも1つをその他の磁石回転子の磁極に対して回転方向にずらして前記の磁石回転子の磁極と固定子の磁極との対向面積を増減し鎖交磁束量を変化させることにより低速回転域で大きなトルクを得、かつ高速回転を可能にした磁石式ブラシレス電動機であって、回転速度を検出し、これに対応する前記回転子の合成磁極位置のずれに応じて前記制御回路による電流供給の進角を補正することを特徴とする磁石式ブラシレス電動機。

【請求項2】 前記磁石回転子は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の磁石回転子とこの第1の磁石回転子に対して相対回転可能で回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の磁石回転子からなり、

前記第1と第2の磁石回転子は前記固定子磁極に対向しているとともに、前記第1と第2の磁石回転子の合成した磁極の位相を第1の磁石回転子の磁極に対して前記磁石回転子の回転速度に伴い変化させ、かつ機械的に進角を変化させる機構を有する請求項1に記載の磁石式ブラシレス電動機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は永久磁石を界磁に用いた電動機（例えば、電気自動車やハイブリッド型自動車、その他の電動車両の駆動源等）として有用な磁石式ブラシレス電動機に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 自動車等の内燃機関では高トルクを発生する回転数領域が非常に狭い。そこで、図8に示すように、何種類ものギア比の異なる歯車で構成されたトランスミッションを用いて、低速から高速まで任意の速度で走れるようにしている。

【0003】 ところが、永久磁石を用いた従来のブラシレスDC電動機の回転数とトルクの関係は図9に示すように、トルクは回転数に逆比例して回転数が大きくなるに従い直線的に低下する。電動機にかかる電圧を $V$ 、電動機の界磁が作る磁界の強さに界磁の有効面積をかけた総磁束を $\Phi$ 、電機子の界磁用巻線数を $Z$ 、抵抗を $R$ とすると、回転数の最大値（ $n_{max}$ ）は $V/\Phi Z$ 、トルクの最大値（ $T_{max}$ ）は $\Phi Z V/R$ となる。電圧 $V$ が二倍になると最大トルク、最高回転数はともに二倍に増加する。界磁用巻線数 $Z$ を変えることにより最大トルクや最高回転数を変化させることもできる。また、総磁束 $\Phi$ が大きいほどトルクは大きくなるが、電機子側での磁気飽和に留意して上限値を定める必要がある。

【0004】 しかし、従来のブラシレスDC電動機では、低速回転域で高いトルクが得られるが、回転数の可変範囲が狭いために高速回転することが困難であった。そこで「弱め磁界」という手法により高速回転時には総磁束 $\Phi$ を下げることによって回転数の最大値

（ $n_{max}$ ）を上げることが考えられる。低回転数のときは大きな総磁束 $\Phi$ で図9の実線で示すようなトルクを得て、回転数が高くなったときには総磁束 $\Phi$ を小さくして図9の破線で示すような特性を得ることによって、より高い回転数まで回転させることが考えられる。

【0005】 また、回転速度とともに総磁束を変えることが提案されており、特開平7-236259「永久磁石式発電機」には、回転子に用いている界磁用永久磁石の複数極からの鎖交磁束によって固定子に起電力を生ずる永久磁石式発電機であって、前記界磁用永久磁石と近接してその側面で同軸上に回転自在に配置されかつ前記界磁用永久磁石と同一極数とした磁束バイパス用の永久磁石と、回転子の回転数に応じて変位するガバナ機構とを備え、このガバナ機構の変位に対応して前記磁束バイパス用の永久磁石を磁極性の半サイクル分回転させる方式のものの開示がある。この永久磁石式発電機は、回転子の停止時には前記バイパス用の永久磁石の磁極性を界磁用永久磁石の磁極性と同極性に配置し、高速域では前記ガバナ機構によって前記バイパス用の永久磁石を界磁用永久磁石と逆極性の位置に配置する方式である。すなわち、低速回転時には界磁用永久磁石の磁極からの鎖交磁束を大として、高速回転時には界磁用永久磁石からの鎖交磁束を弱くして、発電電力を一定にしようとするものである。

【0006】 また、特開平10-155262ではさらに効率のよい鎖交磁束の弱め方として、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第1の界磁用磁石とこの第1の界磁用磁石に対して相対回転可能で回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第2の界磁用磁石からなり、前記第1と第2の界磁用磁石は前記固定子磁極に対向しているとともに、前記第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相を第1の界磁用磁石の磁極に対して回転子の回転速度に伴い変化させる機構を有する磁石式ブラシレス電動機が開示されている。この磁石式ブラシレス電動機においては、界磁用巻線のインダクタンス等による通電指令信号に対する電流立ち上がりの遅れを見越して通電期間の中央を界磁用磁極のNS切り替わり点より回転順方向に進ませる角度（進角）が重要であること、さらには前記第1と第2の界磁用磁石の合成した磁極の位相が第1の界磁用磁石の磁極に対してずれて合成されることで磁束量は減少し、かつ機械的に進角が変化することを記載している。以上のことより、従来に比べて高いトルクでかつ約3倍の高回転速度まで変換効率よく使用できるとしている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記特開平 10-155262では、回転速度に応じて機械的に進角を変化させることにより変換効率を向上できるが、回転速度の変化によって電流供給タイミングの基準となる磁石回転子の磁極位置と位置検出センサとの位置関係にずれが生じるためにその回転速度に応じた真に適切な進角を得るように調整することが困難であり、例えば極めて低速の回転時において出力低下、回転の不安定さが目立つ場合があった。

【0008】上記従来の問題を踏まえて、本発明の課題は、低速回転域でも従来よりも高いトルクが得られるとともに、高速回転域においても変換効率よく使用できる磁石式ブラシレス電動機を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者らは鋭意検討の結果、機械的な進角の変化機構のみの前記従来の磁石式ブラシレス電動機で発生する磁石回転子の磁極位置検出信号のずれを、後述の制御回路等を付加することによって電流供給の進角を随時補正し、起動トルクを含む低速回転域から 3000 r.p.m. を越える高速回転域までの非常に広い回転数域において最適な進角で制御できることを知見した。すなわち、本発明は、磁石回転子の磁極位置を検出し、この位置検出信号に応じて固定子巻線への電流供給量を制御する制御回路を有するとともに、前記磁石回転子が複数からなりかつ回転速度の変化に応じてその複数の磁石回転子のうちの少なくとも 1 つをその他の磁石回転子の磁極に対して回転方向にずらして前記の磁石回転子の磁極と固定子の磁極との対向面積を増減し鎖交磁束量を変化させることにより低速回転域で大きなトルクを得、かつ高速回転を可能にした磁石式ブラシレス電動機であって、回転速度を検出し、これに対応する前記回転子の合成磁極位置のずれに応じて前記制御回路による電流供給の進角を補正する磁石式ブラシレス電動機である。本発明において、前記磁石回転子は、回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第 1 の磁石回転子とこの第 1 の磁石回転子に対して相対回転可能で回転方向に順次異なった極性の磁極が並んでいる第 2 の磁石回転子からなり、前記第 1 と第 2 の磁石回転子は前記固定子磁極に対向しているとともに、前記第 1 と第 2 の磁石回転子の合成した磁極の位相を第 1 の磁石回転子の磁極に対して前記磁石回転子の回転速度に伴い変化させ、かつ機械的に進角を変化させる機構を有する構成のものが実用性に富んでいる。さらに、前記制御回路は磁石回転子の回転速度を磁極位置検出装置（後述のホール IC 等）からの信号で検出し、その回転速度に応じて機械的な進角の変化によって発生する回転子位置検出信号のずれをマイコン（マイクロコンピュータ）で補正し、得られた補正データを用いて固定子の界磁用巻線に流す電流の大きさと位相とを適宜制御することが望ましい。また、制御回路側の進角制御量については任意に設定で

き、例えば回転速度に比例して進角が大となる設定にすればより高い高速回転域まで回転可能なモータとなり望ましい。また、本発明では、回転速度を検出するためのセンサ磁石を磁石回転子の界磁用磁石とは別に設けておくことが磁石式ブラシレス電動機の小型化、コスト削減のために有利である。

【0010】本発明の磁石式ブラシレス電動機は、機械的な進角変化機構を持つように構成される。例えば、図 2 に示すように 2 つの磁石回転子 2a、2b の隣接磁極が相対的に回転してずれる結果鎖交磁束量が変化する。この場合に図 2 (A)、(B) の隣接する 2 つの N 極に着目すると、ずれた状態の図 2 (B) の隣接する N 極の合成した磁極の位相が、ずれていない図 2 (A) の隣接する N 極の磁極位相から  $(a/2)$  度だけ電気角でずれた角度が制御回路による電流供給の進角とは別に与えられる機械的な進角である。また、制御回路による電流供給の進角（電気的な進角）とは、任意の固定子および回転子の一磁極に注目した場合、注目した回転子の一磁極と固定子の一磁極とが最も重なる以前にその固定子の一磁極の界磁用巻線に電流を流して磁束を発生させることで得られる進角である。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明を詳しく説明する。

【0012】図 1 は本発明の一態様を示す磁石式ブラシレス DC 電動機の主要部を分解したものの斜視図である。図 1 (A) において、固定子 1 には複数（この図では 12 極）の固定子磁極 11 に回転磁界を発生するための界磁用巻線 12 が巻かれている。磁石回転子 2 は、回転軸 21 と、回転軸 21 まわりに配置された回転子コア 7 と、回転子コア 7 上に設けられた界磁用磁石 31、32 と、この界磁用磁石 31、32 の磁極位置を示すために回転軸 21 に固定されているとともにその外周面の回転方向に界磁用磁石 31、32 と同一の磁極中心角を形成したセンサ磁石 22（例えば、フェライト系のプラスチック磁石等）を有する。さらに、その周囲にはホール IC 90（図示せず、後述の図 4 を参照）が 3 方に分かれて備えられ、磁石回転子 2 の磁極位置、回転速度を検出する。この磁石回転子 2 は回転軸 21 まわりに固定された第 1 の磁石回転子 2a とこの第 1 の磁石回転子 2a に対して回転軸 21 まわりに相対回転できるようにされた第 2 の磁石回転子 2b とからなる。第 1、第 2 の磁石回転子 2a、2b にはともに外周面の回転方向に等間隔で交互に異なった合計 8 極の磁極 4 を形成した前記の第 1、第 2 の界磁用磁石（例えば同一寸法のリング状（Nd, Dy）-Fe-B 系磁石；（Nd, Dy）<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 型金属間化合物を主相とする日立金属（株）製の異方性焼結磁石：HS40AH 等）を配置してある。磁石回転子 2 の任意磁極の固定子 1 に対する位置はセンサ磁石 22 で示され、その磁極位置に応じて界磁用巻線 12 に通電する電流を切り換える後述の制御回路（図示せ

ず)が付設されていて、固定子磁極11に所定の回転磁界を発生させるようになっている。第1、第2の磁石回転子2a、2bはともに狭いエアギャップを隔てて固定子磁極11に対向配置されて本発明の磁石式ブラシレス電動機50を構成している。図1(B)に、第2の磁石回転子2bを第1の磁石回転子2aに対して相対的に回転子2の回転(順)方向に回転させることによって両者の磁極位置をずらした状態を示す。

【0013】図2(A)および(B)にセンサ磁石22の磁極と第1、第2の磁石回転子2a、2bの各磁極との位置関係を示した。図1(A)および図2(A)では第1の磁石回転子2aと第2の磁石回転子2bとは同極性磁極が隣り合っているため、各隣接磁極の合成した磁極の位相(例えば、その合成磁極の中心)はセンサ磁石22および第1の磁石回転子2aの磁極と同じ位相(例えば、その磁極の中心)にある。図2(B)は図1(B)に対応する。

【0014】ここで、第1、第2の磁石回転子2a、2bの磁極の個々が全く同じ磁束量を発生しているとともに第2の磁石回転子2bの任意磁極が第1の磁石回転子2aの任意磁極に対して(a度)回転順方向にずらされた場合、第1と第2の磁石回転子2a、2bの隣接磁極の合成した磁極の位相はその第1、第2の磁石回転子2a、2bの隣接する磁極の位相の平均値となり、合成した磁極の位相(例えば、その合成磁極の中心)はその隣接する第1の磁石回転子2aの磁極の位相(例えば、その磁極の中心)に対して回転順方向にa/2度分(機械的な機構によって変化する進角分)進むことになる。そして、第1と第2の磁石回転子2a、2bの隣接磁極を合成した磁極の、その第1の磁石回転子2aの隣接磁極に対する位相を、回転子2の回転速度に伴い機械的に変化させる機構によって、回転子2の回転速度が低いときには図1(A)や図2(A)のようにし、回転速度が高いときには両者の磁極がずれて図1(B)や図2(B)のようにすることが望ましい。すなわち、図1(B)や図2(B)の状態では局所的な短絡が多く生じるので、図1(A)や図2(A)の状態に比べて固定子1側の界磁用巻線12に到達する鎖交磁束量が減少する。よって、回転速度が高いときには磁石回転子2a、2b間の相対的な磁極ずれ量に応じて鎖交磁束量を減少させるとともに、回転速度が低い場合には第1、第2の磁石回転子2a、2bの同磁極が回転軸21まわりで並ぶことにより鎖交磁束量が最大となる。本発明の磁石式ブラシレス電動機50はこのような機械的な進角変化機構を備えているので、広範囲の回転速度変化を実現できるとともに鎖交磁束量を機械的に変化させる機能を有している。

【0015】図1では第1の磁石回転子2aとセンサ磁石22の磁極位相が固定され、第2の磁石回転子2bが第1の磁石回転子2aに対して相対回転可能である構成を採用したが、本発明においては磁石回転子2a、2b

およびセンサ磁石22の3部材に関して固定するか回転可能とするかの組み合わせは本発明の効果を消失しない範囲内で任意である。例えば第2の磁石回転子2bとセンサ磁石22の磁極位相が固定されているとともに高速回転時に第1の磁石回転子2aの磁極が第2の磁石回転子2bの磁極に対して回転順方向に相対的にずれる構成としてもよい。あるいは、第1の磁石回転子2aとセンサ磁石22の磁極位相が固定されているとともに、高速回転時に第2の磁石回転子2bの磁極が第1の磁石回転子2aの磁極に対して回転逆方向に相対的にずれる構成としてもよい。あるいは、第2の磁石回転子2bとセンサ磁石22の磁極位相が固定されているとともに、高速回転時に第1の磁石回転子2aの磁極が第2の磁石回転子2bの磁極に対して回転逆方向に相対的にずれる構成としてもよい。

【0016】本発明で用いる機械的な進角の変化機構として、図3に示す構成が実用性に富んでいる。図3は図1、2に対応する。図3において、第1の磁石回転子2aは回転軸21に固定してあり、第2の磁石回転子2bはその中央の軸穴321に回転軸21が挿通されて回転軸21まわりに所定量回ようになっている。第1の磁石回転子2aと第2の磁石回転子2bとの間に作用する吸引力および/または反発力によって上記磁極ずれ動作が妨げられないように、両者間に数mmの間隔5を開けておくことが望ましい。ガバナ固定板33は回転軸21に固定されているとともに、このガバナ固定板33の端面には中心角90度間隔で上下左右対称位置に設けた4つの穴331に各々回転支軸341が嵌着されている。ガバナ34は略円弧状の部品で両端部に貫通穴348、349を設けてある。貫通穴348には回転支軸341が嵌着され、貫通穴349には可動側の軸342が嵌着されてガバナ34を保持している。さらに、上記穴331の各近傍に点対称に4つの円弧状の長穴332が設けてある。また、回転子コア8の片端面には中心角90度間隔で上下左右対称な半径方向に4つの長溝322が設けてあり、これらの各長穴および各長溝に上記可動側の軸342が挿入されるとともに、上記4本の可動側の軸342同士がばね343で接続されてその弾性力で引き合うようになっている。このばね343の張力により磁石回転子2の回転速度が低いときには図3(A)に示すようにガバナ34の可動側軸342は長穴332内において回転軸21に最も近い位置にある。このときは第2の磁石回転子2bと第1の磁石回転子2aの同磁極が並ぶように構成してある。そして、磁石回転子2の回転速度が大きくなってくると遠心力によりガバナ34は図3(B)に示す状態に開きガバナ34の可動側の軸342がガバナ固定板33の長穴332に沿って外周側に動くと同時に、長溝322が長穴332に対して磁石回転子2の外周側に向かって回転方向にずれて設けてある分だけ可動側の軸342の長溝322挿入部分がその長溝3

22を介して回転子コア8を矢印方向に回転させるので第2の磁石回転子2bが第1の磁石回転子2aに対して矢印方向に回転することができる。磁石回転子2の回転速度が低くなってくると遠心力が小さくなるのでばね343の張力でガバナ34が図3(A)の状態に閉じて第1、第2の磁石回転子2a、2bの同磁極が並ぶ位置に戻る。上記の機械的に進角を変化させる機構は、外部からの制御および動力を要せず、磁石回転子2の構成部品に作用する遠心力のみで動作可能なことから、簡単な機構でかつ安価に磁石式ブラシレス電動機50の鎖交磁束量を大きく変化することができる。また、回転子コア8に長溝322を設けてあるので長溝322からガバナ34に至る軸方向寸法(L)の長寸化を抑えることができるとともに、作用する遠心力を考慮して所定の回転速度で上記の磁極ずれ動作が起こるようにばね343のばね定数を適宜設定することで幅広い回転速度領域で高いトルクおよびモータ変換効率を獲得することが可能である。

【0017】図4は、本発明において適用する電氣的に進角を補正するための制御回路のハードブロック図の一例である。上記本発明の磁石式ブラシレス電動機50に設けたセンサ磁石22に対向配置された3個のホールIC90からの信号により固定子1に対する磁石回転子2の回転速度、磁極位置を検出し、それに応じて制御回路による電流供給の進角補正を行う。

【0018】次に、図5のフローチャートおよび図6のタイムタイムチャートを参照して進角制御の動作を説明する。ステップS1からS10までは1つの基準パルス発生毎に繰り返しループ動作を連続的にこなす。まず、ステップS1ではセンサ磁石22の外周にそれぞれ120°ずつ位相をずらして配置された3個のホールIC90から出力されるそれぞれの磁極位置検出信号を「1または0」のコード信号としてコンピュータ70へ入力する。本実施例では、センサ磁石22の極対数が8極となっているため回転子1回転あたり4周期(機械角で90°毎)の位置検出信号が入力される。ステップS2では、3個のホールIC90からそれぞれ入力される3つのコード信号の組み合わせ状態がそれまでの組み合わせ状態から変化したか否かを判別する。このコード信号の組み合わせ状態の変化は図6に示されるように、1周期あたり6回生じる。そしてこのコード信号の組み合わせ状態の変化は1周期に6回しか生じないため通常はステップS3に進まずに、後述のようにステップS6～S10へ進む過程でカウンタ値を1つ増やしてステップS1に戻るループを繰り返す。一方、コード信号の組み合わせ状態が変化したタイミング、すなわち信号の切り替わりのタイミングでステップS3に進み、前回の切り替わりから今回の切り替わりまでの間の基準パルス信号数をカウンタ内のカウンタ値の最終値から読みとることによって現在の回転速度を検出する。すなわち、1周期

で6回の回転速度の検出がおこなわれる。この場合、このカウンタ最終値が大きいほど回転速度は遅く、カウンタ最終値が小さいほど回転速度は速いことになる。ステップS4では、ステップS3で検出した回転速度に応じて、あらかじめコンピュータ70のROMに設定された回転速度に対する進角タイミングをカウンタ値でセットしたマップデータ(進角値データ)から対応するカウンタ値データを読み込んで設定する。この進角値データは、実際の回転数に対して前記カウンタ値がいくつになったときに進角指令を出すかをあらかじめマップデータとしてROMに記憶させておくもので、回転子の回転速度の変化に伴って回転方向に相対位置のずれる第1、第2の界磁用磁石2a、2bで合成される磁極位置と、センサ磁石22で検出される磁極位置との位相のずれを補正してそのときの回転子磁極に対して最適となる界磁巻線12への電流供給制御がおこなえるような値が設定される。そして次にステップS5に進んで前記カウンタ内のカウンタ値をクリアしてステップS6へ進む。ステップS6、S7、S8は界磁用巻線12へ電流供給するFETブリッジ100駆動のゲート信号をブリドライバ80へ出力する進角タイミングを判別し、指令信号を出力する。ステップS6では、現在設定されている進角値データに対して、カウンタ内のカウンタ値がその値を超えたかどうかを判別する。カウンタ値が進角データの設定値に達していない場合にはステップS7に進んで進角なしコードをブリドライバ80へ出力してステップ9に進む。カウンタ値が進角データの設定値に達している場合にはステップS8に進んで進角ありコードをブリドライバ80へ出力してステップ9に進む。ステップS9ではカウンタに1を加えてカウンタアップした後ステップS10に進み現在のホールIC90の信号判別コードを保存してステップS1へ戻り、以後このループ動作を繰り返す。そして、進角なし信号が出力されたときにはブリドライバ80を介して進角なしモードでの駆動信号をFETブリッジ100に出力する。また、進角あり信号が出力されたときにはブリドライバ80を介して進角ありモードでの駆動信号をFETブリッジ100に出力することにより界磁巻線12へ進角モードでの電流供給をおこなう。そして、上述の説明のように、この進角モードへの切り替えは1/6周期毎にカウンタアップ→クリアを繰り返すカウンタ値が、あらかじめ回転速度に対応させて設定されているカウンタ値(進角データ値)を越えたときにおこなわれるため、回転速度の増減に応じて第2の磁極2bをずらしたことによって生じる実際の磁極中心とセンサ磁石22による位置検出ずれを適切に補正した界磁巻線12への電流供給制御をこなうことができる。その結果、本発明の磁石式ブラシレス電動機は、起動トルクから3000r.p.m.を越えた高速回転域にわたって随時の回転数に応じた最適の進角が選択されて、大きなトルクを獲得することができる。

【0019】（実施例イ）本発明の磁石式ブラシレス電動機50において、第1および第2の界磁用磁石31、32に日立金属（株）製の（Nd，Dy）-Fe-B系のラジアル異方性焼結リング磁石（（Nd，Dy）<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B型金属間化合物を主相とするHS-30BR、外径74mm、軸長23mm）を用いるとともにエアギャップの厚みを0.5mmとした条件で、（機械的な進角変化）+（電気的な進角制御の補正）により常に進角が5.5度になるように進角補正を行った本実施例の磁石式ブラシレス電動機の回転数-トルク特性を図7のイに示す。この結果から、本実施例の磁石式ブラシレス電動機は起動時から3000r.p.m.を越えた高速回転域にわたって大きなトルクを有していることがわかる。

（比較例ロ）電気的な進角の補正を行わずに、機械的に進角を5度から20度まで連続的に変化させた以外は実施例イと同様に構成された比較例の磁石式ブラシレス電動機の回転数-トルク特性を図7のロに示す。

（比較例ハ）第1、第2の磁石回転子の同じ磁極が並ぶようにして回転軸に固定するとともに進角を5.5度で固定した以外は実施例イと同様に構成された比較例の磁石式ブラシレス電動機の回転数-トルク特性を図7のハに示す。図7のハでは約400r.p.m.において最高トルクを示しているが1000r.p.m.付近でトルクが0

（N・m）となり、これ以上の高速回転域で使うことが困難だった。すなわち、機械的な進角変化のみの比較例ロ（図7のロ）では進角変化のない比較例ハ（図7のハ）のほぼ3倍の高速回転が可能となったが、実施例イ（図7のイ）に比べて700r.p.m.以下の低速回転域（起動時等）においてトルクが約15～20%小さくなることがわかる。

【0020】本発明において、第1、第2の磁石回転子の磁極数は限定されるものではないが、機械的な進角変化機構により平均鎖交磁束量を5%以上変化できることが高速回転域を広げるために好適であり、好ましくは2極～128極、より好ましくは4～32極とすると実用性が高い。また、第1、第2の磁石回転子が異なる磁極パターンを有していてもよい。また、上記実施例では同軸に配置した2つの磁石回転子を用いて磁石回転子の回転速度の変化に伴ってそのうちの1つを相対回転させることで磁石式ブラシレス電動機の鎖交磁束量を減少させたが、3つ以上の磁石回転子を同軸に配置するとともに1つまたは2つ以上の磁石回転子を回転軸に固定し、かつ残りの磁石回転子を回転軸まわりに所定量相対回転させることで本発明を構成することができる。また、本発明では磁石回転子の構成は上記実施例の表面磁石型に限定されるものではなく、回転子コア内部に永久磁石を

埋設するとともに回転子コアの外周面に交互に異なる磁極を等間隔で形成した内部磁石型、前記表面磁石型回転子の外周面に薄いカバー（例えば非磁性カバー等）を配置した構成の磁石回転子等を採用可能である。

【0021】本発明において、進角を機械的に変化させる機構は、前記の構成に限定されず、他の公知の手段を用いてもよい。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁石式ブラシレス電動機は3000r.p.m.を越える高速回転域まで高いトルクで交換効率良く使用できるとともに、低速回転域においても従来に比べて高いトルクを獲得することができる極めて有用なものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁石式ブラシレス電動機の一態様を示す主要部の分解斜視図であり、磁極ずれが無い状態

（A）、磁極ずれ状態（B）を示している。

【図2】本発明の磁石式ブラシレス電動機において機械的な進角の変化を説明する図であり、磁極ずれが無い状態（A）、磁極ずれ状態（B）を示している。

【図3】本発明の磁石式ブラシレス電動機において、第1と第2の磁石回転子の合成した磁極の位相を第1の磁石回転子の磁極の位相に対して回転速度に伴い変化させる機構を示す分解斜視図であり、（A）は低回転速度のとき、（B）は高回転速度のときである。

【図4】本発明における電気的に進角を補正するためのハードブロック図の一例である。

【図5】本発明における電気的に進角を補正するためのマイコンによるフローチャートの一例である。

【図6】本発明における電気的に進角を補正するためのセンサ入力と出力の関係の一例を示す図である。

【図7】磁石式ブラシレス電動機の回転数-トルク特性の一例を示す図である。

【図8】トランスミッション付の内燃機関の出力特性図である。

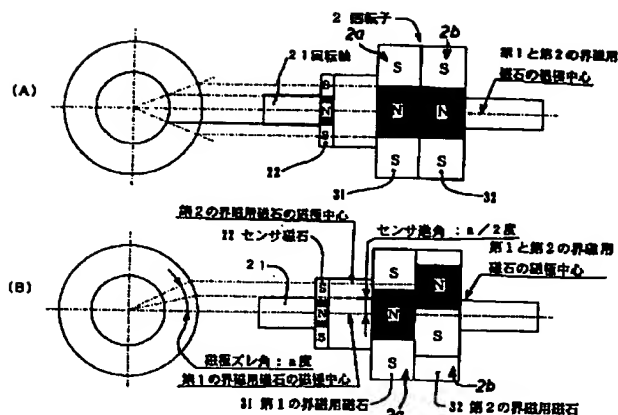
【図9】従来の磁石式ブラシレス電動機の特長図である。

【符号の説明】

1 固定子、2 磁石回転子、4 磁極、5 間隔、7、8 回転子コア、11 固定子磁極、12 界磁用巻線、21 回転軸、22 センサ磁石、31 第1の界磁用磁石、32 第2の界磁用磁石、33 固定部材、34 ガバナ、50 磁石式ブラシレス電動機、321 軸穴、322 長溝、331 穴、332 長穴、341 回転支軸（固定軸）、342 可動側軸、343 弾性部材、348、349 貫通穴。

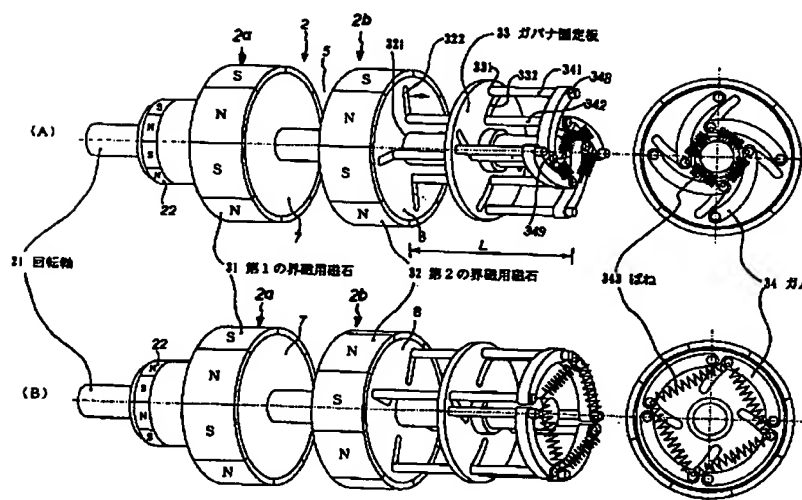


【図 2】



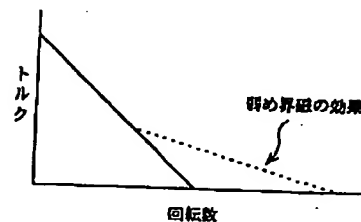
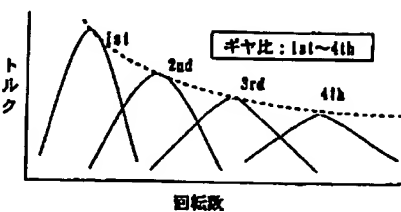
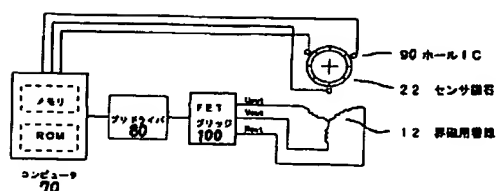
【図 5】

【図 3】

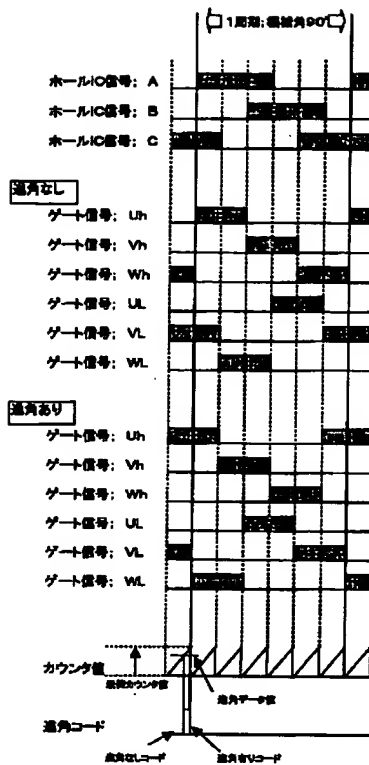


【図 4】

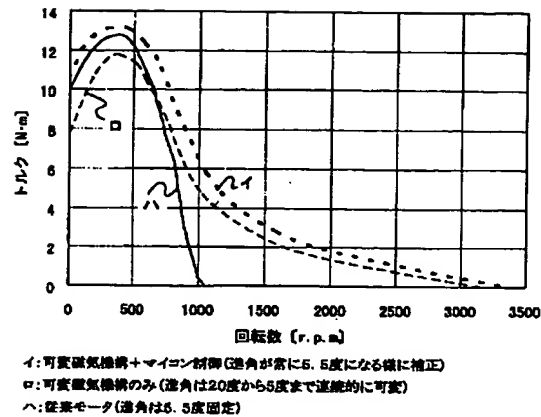
【図 8】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72) 発明者 菅家 博夫  
埼玉県和光市中央一丁目4番1号株式会社  
本田技術研究所内
- (72) 発明者 樋田 直也  
埼玉県和光市中央一丁目4番1号株式会社  
本田技術研究所内
- (72) 発明者 菅原 英樹  
埼玉県狭山市新狭山一丁目10番地1 ホンダ  
エンジニアリング株式会社内

Fターム(参考) 5H019 AA04 AA05 BB01 BB02 BB05  
BB19 CC03 CC05 CC06 DD01  
EE14

5H607 AA14 BB01 BB09 BB14 BB20  
BB23 BB26 CC01 DD02 DD16  
EE43

5H621 AA03 BB02 BB07 GA01 GA04  
GA15 GA16 HH02 JK02 JK15  
JK18 PP10